

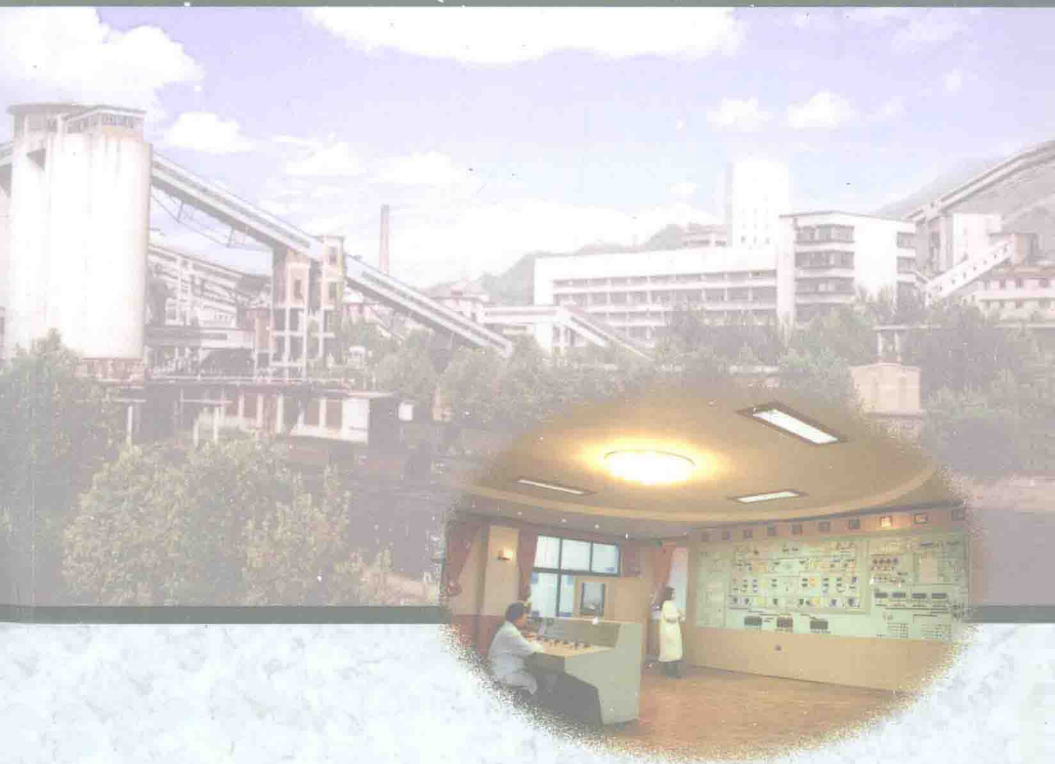
XUANMEICHANG DIANQI SHEBEI ANZHUANG SHIYONG YU WEIHU

选煤实用技术丛书

# 选煤厂电气设备安装使用与维护

上册

中国煤炭加工利用协会组织编写



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

J SHEBEI ANZHUANG SHIYONG YU WEIHU

选煤实用技术丛书

# 选煤厂电气设备安装使用与维护(上)

邓晓阳 张启林 等编著

中国煤炭加工利用协会组织编写

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology press

## 内容提要

本书在总结中煤国际工程集团北京华宇工程公司、平顶山中选自控系统有限公司选煤厂电气工程设计、集成安装调试实践经验的基础上,对选煤厂常用的动力设备和执行器的工作原理、技术特点、安装使用与维护的注意事项等方面进行了较为详细的介绍。

本书可作为选煤厂工程技术人员和电气维护人员的学习用书,亦可供高等院校相关专业的师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

选煤厂电气设备安装使用与维护. 上册 / 邓晓阳, 张启林等编著. —2版. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2013. 6

(选煤实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1899 - 5

I. ①选… II. ①邓…②张… III. ①选煤厂—电气设备安装②选煤厂—电气设备—维修 IV. ①TD948.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 118616 号

书 名 选煤厂电气设备安装使用与维护(上)

编 著 邓晓阳 张启林等

责任编辑 褚建萍

责任校对 徐 玮

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 850×1168 1/32 总印张 20.125 总字数 523 千字

版次印次 2013 年 6 月第 2 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

总 定 价 64.00 元(共 2 册)

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 《选煤实用技术》丛书编委会

主 编 吴式瑜

副主编 叶大武 解京选 李文林

编 委 (按姓氏笔画排序)

邓晓阳 叶大武 匡亚莉 李文林

吴大为 吴式瑜 陈 迹 张明旭

周少雷 欧泽深 竺清筑 谢广元

路迈西 解京选

## 丛书前言

能源是国民经济发展和人类赖以生存的物质基础。煤炭是我国的主要能源,其生产量和消费量一直占能源的 70% 左右。

我国煤炭资源丰富,品种齐全。到 20 世纪末,煤炭的探明储量有 1 万亿吨,其中已利用储量中尚有可采储量 800 多亿吨;我国的石油、天然气资源相对不足,其储量只可供开采几十年;水力资源虽然丰富,但集中在西南地区,而且开发利用需要的投资很大;核能、太阳能、风能、生物能的开发利用则刚刚起步。所以,未来几十年内,煤炭仍是我国最可靠的能源,煤炭的基础能源地位不会改变。

我国是煤炭的生产和消费大国,每年生产和消费煤炭都在十几亿吨以上。大量生产和消费煤炭,无论对区域环境,还是对全球气候都造成很大影响。为此,国家鼓励和提倡发展洁净煤技术。

选煤是洁净煤技术的基础,也是煤炭深加工(制水煤浆、焦化、气化、液化)和洁净、高效利用的前提。选煤可以除去原煤中的大部分矿物杂质,提高煤炭质量,并把它分成不同等级,为用户合理利用创造条件。国家鼓励发展煤炭洗选加工,原煤入洗量不断提高,从 1949 年的几十万吨发展到 2003 年的 5 亿多吨。

但是我国煤炭洗选加工相对落后,原煤入洗率尚不足 30%,商品煤质量较差,因此煤炭利用率低,燃煤引起的污染严重。为了合理利用煤炭资源,提高利用效率,降低铁路运输量,减少燃煤对大气的污染,有必要大力发展煤炭洗选加工。

近几年来,我国选煤工业迅猛发展,选煤厂数量增加,选煤技

术进步速度加快,目前的选煤技术人员已满足不了发展的需要,为了培养大批选煤工程技术及管理人员,提高选煤技术人员的素质,由中国煤炭加工利用协会和中国矿业大学出版社共同组织国内一批有实践经验的专家、学者及高级工程技术人员,编写了这套《选煤实用技术》丛书。本丛书书名如下:

1. 《跳汰选煤技术》
2. 《重介质选煤技术》
3. 《浮游选煤技术》
4. 《选煤厂产品脱水》
5. 《选煤厂煤泥水处理》
6. 《选煤厂破碎与筛分》
7. 《选煤厂机械设备安装使用与维护》
8. 《选煤厂电气设备安装使用与维护》
9. 《选煤厂管道、阀门与泵的安装使用与维护》
10. 《选煤厂煤质分析与技术检查》
11. 《选煤厂计算机应用》
12. 《选煤厂技术经济管理》

本丛书主编吴式瑜,副主编叶大武、解京选、李文林。

本丛书实用性较强,可作为选煤厂技术、管理干部和专业技术工人的培训教材,也可作为大专院校选煤专业学生的学习参考书。

本丛书由多位作者编写,写作风格各有不同,且由于时间仓促、涉及内容广泛,错误和缺点在所难免,望读者批评指正。

## 前 言

本书立足于当前选煤厂电气工程的配置和应用现状,遵循技术发展连续性的客观规律,在总结中煤国际工程集团北京华宇工程公司(原选煤设计研究院)、平顶山中选自控系统有限公司对选煤厂电气工程设计、集成和安装调试实践经验的基础上,参考国内外有关公司提供的资料及有关参考书,对选煤厂常用的电力变压器、低压开关成套设备、电动机及启动设备以及电缆敷设和执行机构、带式输送机保护装置的工作原理、技术特点、安装使用与维护的注意事项等方面进行了介绍,以便对选煤厂的工程技术人员和电气维护人员在尽快熟悉工程设计文件、阅读随设备所带的使用说明书、进一步了解设备性能、做好使用和维护工作、提高应用质量等方面有所帮助。

本书涉及的设备品种繁多,型号各异,更新换代迅速,所收集到的实际使用信息有限,不可能涵盖目前选煤厂的全部实际应用,不当之处在所难免,敬请谅解,并请指正为盼。

本书在编著过程中得到了中煤国际工程集团北京华宇工程公司(原选煤设计研究院)的大力支持。全书由国家设计大师邓晓阳教授策划并审稿。由张启林教授级高工组织编写,同时对全书进行了多次修改并定稿。本书初稿第一章由邢玉兴高工执笔,第二章由王国琰教授级高工执笔,张剑锋、王光豪、程贤军、马庆银参加了部分章节内容的起草。全书由曹鹰教授级高工统稿。

在本书编写过程中,为作者提供资料的国内外公司有:施耐德电气公司、SIEMENS公司、GE Fanuc公司、深圳万讯科技有限公

司、石家庄中核久安科技股份有限公司、伯托(中国)北京代表处、江苏天秤计控设备公司、SMC(中国)有限公司、上海恩德斯豪斯自动化设备有限公司、沈阳东华胶带机研究所、高邮市旭日液压设备有限公司、江苏朝阳气动液压机械设备有限公司、山东煤矿莱芜机械厂等,在此表示衷心感谢。

编著者



# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第一章 动力设备         | 1   |
| 第一节 选煤厂供配电系统概述   | 1   |
| 一、选煤厂供配电         | 1   |
| 二、中压供电系统         | 1   |
| 三、低压配电系统         | 3   |
| 四、供配电系统常用的主要电力设备 | 4   |
| 第二节 配电变压器        | 5   |
| 一、油浸式变压器         | 5   |
| 二、变压器的结构特点       | 10  |
| 三、变压器的安装与验收      | 18  |
| 四、变压器的日常运行与维护    | 23  |
| 五、变压器常见故障及处理     | 24  |
| 六、干式变压器          | 33  |
| 第三节 三相异步电动机      | 45  |
| 一、工作原理           | 45  |
| 二、结构特点           | 46  |
| 三、安装与调试          | 52  |
| 四、日常保养与维护        | 56  |
| 五、常见故障及处理        | 61  |
| 第四节 中、低压成套开关设备   | 81  |
| 一、中压开关柜          | 81  |
| 二、低压开关柜          | 111 |

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 第五节 三相异步电动机的启动装置 .....   | 139     |
| 一、鼠笼型异步电动机的启动 .....      | 139     |
| 二、绕线转子异步电动机的启动 .....     | 154     |
| 三、鼠笼型异步电动机的软启动装置 .....   | 162     |
| 第六节 变频调速装置 .....         | 170     |
| 一、工作原理 .....             | 171     |
| 二、变频器的安装 .....           | 175     |
| 三、变频器使用时的注意事项 .....      | 183     |
| 四、日常保养与维护 .....          | 188     |
| 五、变频调速系统的调试及常见故障 .....   | 195     |
| 第七节 电缆敷设 .....           | 204     |
| 一、电缆敷设的一般要求 .....        | 204     |
| 二、检查电缆安装土建工程 .....       | 207     |
| 三、电缆敷设 .....             | 207     |
| 四、电缆头的制作安装 .....         | 214     |
| 五、巡视检查 .....             | 225     |
| 六、工程交接验收 .....           | 226     |
| 七、电缆线路的故障检测诊断及项目 .....   | 228     |
| 八、常用电力电缆的载流量 .....       | 235     |
| <br>第二章 执行器 .....        | <br>241 |
| 第一节 概述 .....             | 241     |
| 一、电动执行器 .....            | 241     |
| 二、电液推杆 .....             | 241     |
| 第二节 电动执行机构 .....         | 242     |
| 一、PS 电动执行器的结构与工作原理 ..... | 242     |
| 二、PS 电动执行机构配置 .....      | 245     |
| 三、PS 电动执行机构安装使用要求 .....  | 246     |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第三节 调节阀 .....             | 247 |
| 一、工作原理 .....              | 247 |
| 二、调节阀的主要类型 .....          | 248 |
| 三、调节阀的流量特性 .....          | 250 |
| 四、调节阀的流通能力 .....          | 256 |
| 五、调节阀的安装与维护 .....         | 256 |
| 第四节 电磁阀 .....             | 257 |
| 一、电磁执行机构 .....            | 257 |
| 二、电磁阀的分类及工作原理 .....       | 257 |
| 三、电磁阀的使用与维护 .....         | 260 |
| 四、电磁阀安装使用注意事项 .....       | 268 |
| 第五节 电液推杆 .....            | 272 |
| 一、概述 .....                | 272 |
| 二、电液推杆的特点及结构形式 .....      | 272 |
| 三、电液推杆工作原理 .....          | 275 |
| 四、型号说明 .....              | 278 |
| 五、电液推杆的安装、使用、维护注意事项 ..... | 278 |
| 六、常见故障与处理对策 .....         | 281 |
| 第六节 带式输送机安全保护装置 .....     | 282 |
| 一、带式输送机安全保护装置的设置原则 .....  | 282 |
| 二、带式输送机安全保护装置 .....       | 284 |

# 第一章 动力设备

## 第一节 选煤厂供配电系统概述

### 一、选煤厂供配电

选煤厂供配电系统主要解决的问题是从电力系统获得电源后,经过变压设备、配电设备、配电线路和控制保护设备,安全、可靠、经济地向各用电设备进行供电和电能分配。选煤厂用电设备主要分为动力和照明两大类。

选煤厂动力用电设备主要是指分选设备、破碎设备、筛分设备、脱水设备、运输设备、加热烘干装置以及给料机、采样机、除铁器等机械设备。

选煤厂照明用电设备主要是指其工作照明(如各种混光灯、投光灯)和事故应急照明(如应急灯)等照明装置。

选煤厂的电能都是从电力系统获得的,一般不自备电源。

### 二、中压供电系统

《煤炭工业选煤厂设计规范》规定:

选煤厂供电应按二级用电负荷设计。

供电电压宜采用 6 kV 或 10 kV。当用电负荷较大或供电距离较远时,如技术经济指标比较合理,可采用 35 kV 或更高等级的电压供电。供电电源应采用双回路,并引自不同母线段,每回线

路所能承担的负荷应不低于全厂计算负荷的 75%。供电设计不应考虑外用电。

对于二级负荷应尽量做到:当电力变压器或电力线路发生常见故障时不致中断供电(或中断后能迅速恢复)。

为了满足上述要求,一般应由上一级变电所的两段母线上引来双回路进行供电。当负荷较小或本地区供电困难时,也可由一回 6 kV 及以上专用的架空线路或电缆线路供电。当采用架空线路时,可用一回架空线路供电;当采用电缆线路时,应采用由两根电缆组成的线路供电,其每根电缆应能承受 100% 的二级以上的负荷。

供电系统应简单可靠,同一供电系统的变配电级数不宜多于二级。

中压供配电系统宜采用放射式。根据变压器容量、分布及地理环境等情况,亦可采用树干式或环式供配电系统。

图 1-1 所示是选煤厂常用放射式中压供配电系统接线方案,其中中压电动机采用熔断器、真空接触器供电(F—C 回路)。

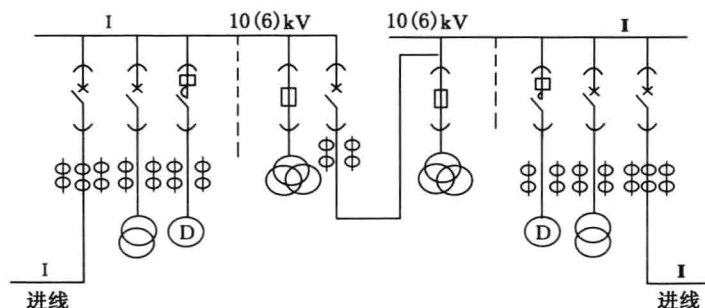


图 1-1 选煤厂常用放射式中压供配电系统接线方案

### 三、低压配电系统

选煤厂低压配电系统一般选用 220 V/380 V 或 660 V 电压配电。其接线方式一般有放射式、树干式和链式等几种,现分述如下。

#### (一) 放射式

放射式接线可靠性高,故障发生后影响范围小,切换操作方便,保护简单,便于自动化。但因配电线路和开关柜数量较多而造价较高。选煤厂通常采用此方案。

#### (二) 树干式

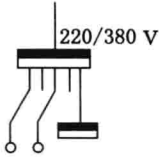
树干式接线配电线路和开关柜数量少且投资少。但故障影响范围较大,供电可靠性较差。

#### (三) 链式

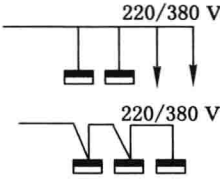
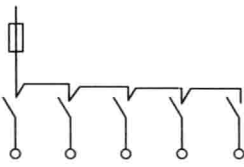
链式接线的特点与树干式接线相似,适用于距配电屏较远而彼此相距又较近的不重要的小容量用电设备。

选煤厂常用低压配电系统的具体接线及说明见表 1-1。

表 1-1 选煤厂常用低压配电系统的具体接线及说明

| 名称  | 接 线 图                                                                               | 简 要 说 明                                                                                                                                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 放射式 |  | <p>配电线故障互不影响,供电可靠性较高,配电设备集中,检修比较方便,但系统灵活性较差,有色金属消耗较多。一般在下列情况下采用:</p> <p>(1) 容量大、负荷集中或重要的用电设备;</p> <p>(2) 需要集中联锁启动、停车的设备;</p> <p>(3) 有腐蚀性介质和爆炸危险等场所不宜将配电及保护启动设备放在现场者</p> |

续表 1-1

| 名称  | 接线图                                                                               | 简要说明                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 树干式 |  | <p>配电设备及有色金属消耗较少,系统灵活性好,但干线故障时影响范围大;<br/>一般用于用电设备的布置比较均匀、容量不大且无特殊要求的场合</p>                                                 |
| 链式  |  | <p>特点与树干式相似,适用于距配电屏较远而彼此相距又较近的不重要的小容量用电设备;<br/>连接的设备一般不超过 5 台、总容量不超过 10 kW;<br/>供电给容量较小用电设备的插座,采用链式配电时,每一条环链的回路数量可适当增加</p> |

#### 四、供配电系统常用的主要电力设备

供配电系统常用的主要电力设备有电力变压器、中压开关成套设备和低压开关成套设备、电缆、启动器及电动机等。

电力设备的正确使用和精心维护,对于保持设备的正常运转、延长设备的使用寿命、降低维修费用具有明显的效果。而对电力设备故障的快速诊断和处理及高质量的维护、修理,是保证供配电系统安全可靠运行和实现自动化生产的迫切要求。为此,以下各节就选煤厂供配电系统主要电力设备的工作原理、结构特点、安装使用要点、维护及主要故障的诊断和检修进行必要的介绍,以供现场工程技术人员和相关技术工人参考。

## 第二节 配电变压器

变压器是输配电工程中的主要设备,它起到电网中变换交流电压的作用。选煤厂用的变压器主要是配电变压器,常用的有油浸式变压器及干式变压器。

### 一、油浸式变压器

#### (一) 单相变压器

图 1-2 是一台单相变压器的工作原理图。电源侧的绕组称为

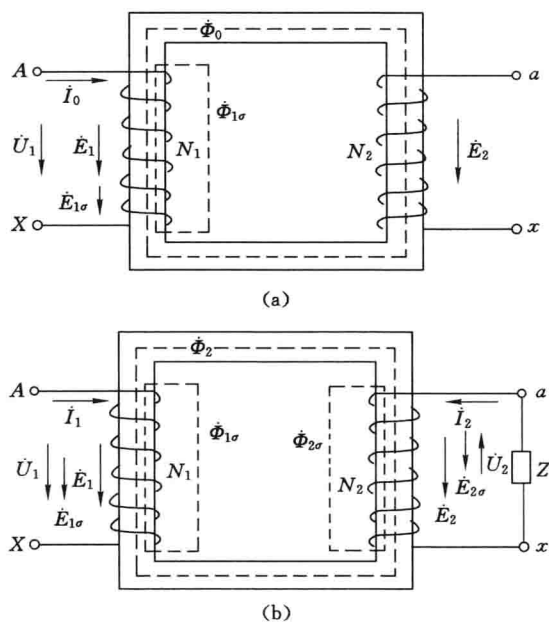


图 1-2 单相变压器的工作原理

(a) 空载时; (b) 负载时



一次绕组,匝数为  $N_1$ ,电源电压为  $\dot{U}_1$ ,绕组为左绕;负载侧的绕组称为二次绕组,匝数为  $N_2$ ,绕组为右绕。

### 1. 空载运行情况

当一次绕组接入电源后,电源电压为  $\dot{U}_1$ ,于是一次绕组内就有空载电流  $\dot{I}_0$  流通。由于一次绕组对电源而言相当于是一个负载,按“电动机”惯例,规定电流  $\dot{I}_0$  流动的正方向是从上向下,而电压  $\dot{U}_1$  的正方向也是从上向下,即  $\dot{U}_1$  和  $\dot{I}_0$  的方向是一致的,电流、磁通、电动势的正方向均符合右手螺旋定则。

空载电流产生空载磁动势  $\dot{F}_0 = \dot{I}_0 N_1$ ,在铁心中产生主变磁通  $\Phi_0$ ,按左绕向的绕组和电流  $\dot{I}_0$  的流动方向用右手螺旋定则可判定  $\Phi_0$  的方向是朝上流动,然后沿着上轭铁进入右铁心柱(朝下),再经过下轭铁回到左铁心柱,构成一个闭合磁路。此磁通与一、二次绕组交链,称为主磁通。此磁通因切割一、二次绕组,所以在两个绕组中分别产生感应电动势  $\dot{E}_1$  和  $\dot{E}_2$ 。

除主磁通  $\Phi_0$  之外,还有一小部分只与一次绕组交链的漏磁通  $\Phi_{1\sigma}$ ,漏磁通通过左铁心柱到空气中形成闭合回路,漏磁通切割一次绕组产生漏感电势  $\dot{E}_{1\sigma}$ 。因  $\Phi_{1\sigma}$  不通入右铁心柱,不切割二次绕组,所以二次绕组没有漏感电势。

按电磁感应定律公式,仅考虑数量关系,根据回路定律有:

$$\dot{U}_1 = -(\dot{E}_1 + \dot{E}_{1\sigma})$$

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2$$

当不考虑漏磁通时:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1$$

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2$$